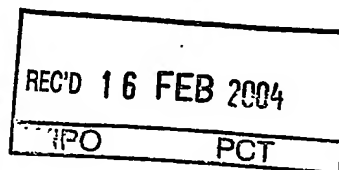


24 JAN 2004



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 58 546.6

Anmeldetag: 14. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: Stankiewicz GmbH, 29352 Adelheidsdorf/DE
vormals: 29205 Celle/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung
geschäumter Polyurethan-Formkörper

IPC: B 29 C, C 08 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
im Auftrag

Wallner

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

11.12.2002

Mo

5 Anmelder: Stankiewicz GmbH

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung geschäumter Polyurethan-
Formkörper

10

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung geschäumter Polyurethan-
15 Formkörper, bei welchem eine expandierbare Polyurethan-Reaktivmischung in
eine Form eingefüllt wird, die Reaktivmischung nach dem Einfüllen die Form
ausfüllend expandiert, wobei während des Expansionsprozesses freigesetzte
Gase durch an Stellen maximaler Höhe in der oberen Formhälfte angeordnete
Expansionsöffnungen abgesaugt werden, nach dem Abbinden die Form belüf-
20 tet und der Formkörper ausgeworfen wird.

Stand der Technik

Es ist bekannt, geschäumte Polyurethan-Formkörper durch Einfüllen einer ex-
25 pandierbaren Polyurethan-Reaktivmischung in eine durch eine Formtrennebene
geteilte Form und Evakuieren der Form über einen in der Formtrennebene um-
laufenden Vakuumkanal, herzustellen. Hierzu hat es bereits eine Reihe von
Vorschlägen gegeben; siehe z.B. DE-OS 15 04 278, DE 30 20 793 A1, EP0
023 749 A1 und DE 197 01 728 C2. Die Evakuierung der Form ist insbesonde-
30 re erforderlich, um das in der Form befindliche Gas zur Vermeidung der Lun-
kerbildung aus der Form zu entfernen. Damit dies gelingt, ist es erforderlich, die

Formhälften so zu gestalten, dass die Formtrennebene im höchsten Punkt des Formhohlraums liegt, da sich anderenfalls ein Nest bildet, aus dem das vorhandene Gas nicht mehr abgezogen werden kann. Dem könnte dadurch begegnet werden, dass das Formnest auf einen sehr niedrigen Druck von unterhalb 100 mbar, insbesondere unterhalb 50 mbar, vor dem Aufsteigen des Schaums, d. h. bevor die Höhe des Schaums im Formnest die Formtrennebene überschreitet, evakuiert wird. Ein solch niedriger Druck im Formnest führt aber dazu, dass der Schaum anfänglich schnell und stark expandiert, bevor noch wesentliche Treibmittelgehalte freigesetzt sind, so dass nur eine unregelmäßige Schaumstruktur entsteht. Ein weiterer Nachteil der Evakuierung über die Formtrennebene besteht darin, dass insbesondere wenn die expandierbare Reaktivmischung in die offene Form eingefüllt wird und erst nach Schließen der Form evakuiert wird, die Förderleistung über die Formtrennebene relativ gering ist, so dass sehr lange Zykluszeiten erforderlich sind und somit die Zeit für die Evakuierung die Taktzeit verlängert.

Die Eigenschaften von Polyurethanschaum sind wesentlich durch die Dichte des fertigen Schaums und die Materialeigenschaften der Matrix bestimmt. Insbesondere wenn Wasser als chemisches Treibmittel eingesetzt wird, wobei durch die Reaktion des Wassers mit dem Isocyanat Kohlendioxid freigesetzt wird, ist eine genaue Abstimmung der Rezeptur der expandierbaren Polyurethan-Reaktivmischung zur Einstellung der Matrix-Eigenschaften erforderlich. Daher ist es grundsätzlich wünschenswert, mit einer einzigen Rezeptur Schäume mit unterschiedlichen Rohdichten herstellen zu können. Zur Steuerung der Dichte eines Schaums bei gleichzeitiger Beibehaltung der Rezeptur, insbesondere des Treibmittelgehaltes, ist eine Steuerung des Druckes in der Schäumform hervorragend geeignet, siehe z.B. B. EP 0 023 749 A1, EP 0 044 226 A1 und DE 197 01 728 C2.

Die EP 0 023 749 A1 betrifft ein Verfahren zur Unterdruckverschäumung von Blockschaum mit Schaumblockgrößen von typischerweise $2 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$ (siehe hierzu Seite 7, Zeile 12, der EP 0 023 749 A1). Für die Evakuierung der Blockschaumform ist, wie aus Figur 1 der EP 0 023 749 A1 ersichtlich ist, lediglich eine Leitung 19 bzw. 20 vorgesehen. Um eine Evakuierung der Form innerhalb vertretbarer Zeiten (d.h. ohne wesentliche Verlängerung der Taktzeiten, die in etwa der Aushärtzeit entsprechen) zu ermöglichen, müssen die Leitungen 19 und 20 aus Figur 1 der EP 0 023 749 A1 in Abhängigkeit von der Formgröße einen erheblichen Querschnitt aufweisen. Der Eintritt in die Leitungen ist gemäß der EP 0 023 749 A1 nicht verschließbar ausgestaltet; vielmehr sind, wie ebenfalls aus der Figur 1 der Druckschrift zu ersehen ist, Absperrventile 1 und 2 erst am Ende der Leitungen 19 und 20 vorgesehen. Würde die Vorrichtung so betrieben, dass am Ende des Schäumprozesses Unterdruck herrscht, würde der Schaum in die Leitungen 19 bzw. 20 eindringen und dort aushärten.

15

Gemäß DE 23 66 184 B1 ist ein Filter (in der einzigen Figur der Druckschrift mit dem Bezugszeichen 46 versehen) in der Ansaugöffnung der Form vorgesehen. Das Filter muss nach jedem Schäumprozess verworfen werden. Ferner stellt das Filter einen relativ großen Strömungswiderstand dar, so dass eine Schnellevakuierung der Form nicht möglich ist.

20

Auch die DE 30 20 793 A1 beschreibt keine Trennung zwischen Schnellevakuierung und Restgasabsaugung. Vielmehr ist ein Evakuierungsspalt in der Formtrennebene selbst vorgesehen, der für relativ flache Formteile mit im Vergleich zum Umfang relativ flachem Volumen, für eine schnelle Evakuierung ausreichen mag und durch die eindringende Schaummasse verschlossen wird. Dies führt zu einer ‚Schwimmhaut‘, die anschließend i.d.R. händisch entfernt werden muss.

25

Ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art ist aus der DE 197 01 728 C2 bekannt. Nach der DE 197 01 728 C2 weist die obere Formhälfte eine Absaugöffnung auf zum Evakuieren der Form nach dem Einbringen der Polyurethan-Reaktivmischung. Ist der angestrebte Arbeitsdruck in der Form erreicht, so wird die Ansaugöffnung verschlossen. Zusätzlich zur Absaugöffnung ist gemäß der Druckschrift noch eine Evakuierung der Form über die Formtrennebene vorgesehen, mit dem bekannten Nachteil der Ausbildung einer Schwimmhaut. Zur Vermeidung der Lunkerbildung, insbesondere bei Verwendung von Formen mit konturierten Formennestern schlägt die DE 197 01 728 C2 weiterhin vor, in der oberen Formhälfte an Stellen maximaler Höhe sogenannte Expansionskanäle anzuordnen, die ebenfalls an das Unterdrucksystem angeschlossen sind und durch die die während des Expansionsprozesses freigesetzten Gase abgesaugt werden sollen. Dabei ist vorgesehen, dass der Polyurethanschaum bei Erreichen der oberen Formhälfte in die Kanäle eindringt, dort aushärtet und die Kanäle dadurch abdichtet. Die Expansionsöffnungen sind mit Reinigungsstößeln versehen, die nach dem Auswerfen des Formkörpers betätigt werden, um in den Kanälen noch vorhandenes Polyurethan wieder entfernen zu können. Nachteilig an dem bekannten Verfahren ist, dass der Formkörper durch das in die Kanäle eindringende Polyurethan angussartige Fortsätze aufweisen kann, die zusammen mit den Schwimmhäuten in einer aufwendigen Nachbearbeitung wieder entfernt werden müssen. Bei räumlich stark ausgedehnten Formschaumteilen mit langen Fließwegen ist weiterhin zu beachten, dass die Schaumfront zu stark unterschiedlichen Zeitpunkten die Expansionskanäle erreicht. Damit ist die Polyurethan-Reaktivmischung bei den Kanälen, die sie zuerst erreicht, aufgrund der noch nicht weit fortgeschrittenen Polymerisationsreaktion noch sehr fließfähig und kann damit weit in den Kanal eindringen. Damit besteht auch die Gefahr, dass die Expansionsöffnung blockiert wird.

Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art so weiterzuentwickeln, dass auch bei langen Fließwegen und bezüglich der Formtrennebene ungünstigen Bedingungen lunkerfreie Teile in kurzen Taktzeiten produziert werden können. Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren mit allen Merkmalen des Patentanspruchs 1. Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ist in Patentanspruch 9 beschrieben. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

10

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, bei einem Verfahren zur Herstellung geschäumter Polyurethan-Formkörper, bei welchem eine expandierbare Polyurethan-Reaktivmischung in eine Form eingefüllt wird, die Reaktivmischung nach dem Einfüllen die Form ausfüllend expandiert, wobei während des Expansionsprozesses freigesetzte Gase durch an Stellen maximaler Höhe in der oberen Formhälfte angeordnete Expansionsöffnungen abgesaugt werden, nach dem Abbinden die Form belüftet und der Formkörper ausgeworfen wird, dass die Expansionsöffnungen durch Nadelventile gebildet werden, welche so gesteuert werden, dass sie beim ersten Eintreten der Schaumfront in die Ventilkapillare sofort schließen.

20

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer Form mit einem oberen Formbereich, mit einer Ansaugöffnung zum Evakuieren und einer Einrichtung zum Belüften der Form sowie mit Expansionsöffnungen an einer oder mehreren Stellen maximaler Höhe im oberen Formbereich zeichnet sich dadurch aus, dass die Expansionsöffnungen durch Nadelventile gebildet werden, die so ansteuerbar sind, dass sie beim ersten Eindringen der Schaumfront in die Ventilkapillare sofort schließen.

25

Es hat sich gezeigt, dass bei Einsatz eines Nadelventils anstelle der aus der DE 197 01 728 C2 bekannten Expansionsöffnung die Ausbildung angussartiger Fortsätze vollständig vermieden werden kann. Es ist hierzu lediglich erforderlich, das Ventil so zu steuern, dass es schon beim ersten Eindringen der
5 Schaumfront in die Ventilkapillare sofort schließt. Zu diesem Zeitpunkt ist der Polyurethanschaum offensichtlich noch nicht vollständig ausreagiert und lässt sich in einfacher Weise durch die zum Schliessen des Ventils in der Kapillare nach unten fahrende Ventilnadel aus der Kapillare austossen, noch bevor es zur Ausbildung eines angussartigen Fortsatzes kommen kann. Hierdurch ent-
10 fällt der aus dem Stand der Technik bekannte aufwendige Nachbearbeitungsprozess.

Dieses Ergebnis ist um so überraschender, als in der DE 197 01 728 C2 eine sehr komplexe Geometrie für die Expansionsöffnungen und die Reinigungs-
15 stößel vorgesehen ist, durch die zum einen gewährleistet sein soll, dass das Polyurethan nicht zu weit in das Unterdrucksystem eindringen kann und zum anderen der Reinigungsprozess für die Expansionsöffnung vereinfacht werden soll. Diese Problematik lässt sich durch den erfindungsgemäßen Einsatz eines Nadelventils völlig umgehen. Durch das Schliessen des Ventils beim ersten
20 Eindringen der Schaumfront in die Kapillare ist das weitere Vordringen des Polyurethans in das Unterdrucksystem vollständig unterbunden. Dadurch, dass bereits vorhandenes Polyurethan bereits beim Schliessen des Ventils aus der Ventilkapillare wieder ausgestoßen wird, entfällt nicht nur, wie oben bereits erwähnt, die Nachbearbeitung des Schaum-Formkörpers, sondern auch noch der
25 bei dem bekannten Verfahren erforderliche Reinigungsprozess, bei welchem Polyurethanreste teilweise sogar unter Einsatz von Bohrwerkzeugen wieder entfernt werden müssen. Hieraus resultiert somit noch eine weitere wesentliche Verfahrensvereinfachung.

Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit einer Prozeßsteuerung über die Ventile. Während bei dem bekannten Verfahren ein Eingriff in den Expansionsprozess nicht vorgesehen und auch nicht möglich ist, sind bei dem erfindungsgemäßen Verfahren über die Möglichkeit, die Ventile nach Belieben ansteuern zu können, die unterschiedlichsten Varianten einer Prozesssteuerung denkbar. So kann beispielsweise der Druck in Abhängigkeit von der Rezeptur der Reaktivmischung eingestellt werden. Weiterhin ist eine Steuerung und/oder Regelung des Absaugdrucks während des Expansionsprozesses denkbar oder die Einstellung unterschiedlicher Absaugleistungen beim Einsatz mehrerer Expansionsventile bei räumlich ausgedehnten Formen.

Nadelventile, wie sie hier verwendet werden, sind in vielen Anwendungsgebieten Stand der Technik. Es hat sich in überraschender Weise gezeigt, dass herkömmliche Nadelventile verwendet werden können, ohne irgendeine besondere Anpassung an die erfindungsgemäße Verwendung. Es ist zum sauberen Ausstossen eines nicht vollständig ausreagierten Polyurethanreaktionsgemisches mit dem Ventilstößel des Nadelventils lediglich erforderlich, dass das Nadelventil mit einer ausreichenden Präzision gefertigt ist.

Die Herstellung von Polyurethanschaum ist an sich bekannt und wird hier nicht weiter beschrieben. Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die Vorrichtung sind nicht auf spezielle Verfahrensvarianten, insbesondere Rezepturen oder Prozessführungen, beschränkt, sondern ist universell einsetzbar. So kann das Einfüllen der Reaktivmischung sowohl in die offene als auch in die geschlossene Form erfolgen, wobei der Schäumvorgang ohne Beschränkung der Allgemeinheit sowohl durch die Beladung mit Kohlendioxid oder einem anderen Treibgas, wie zum Beispiel Luft, Stickstoff etc., als auch mit herkömmlichen Treibmitteln, wie zum Beispiel Wasser oder einer Kombination von Treibmitteln ausgelöst werden kann. Je nach Verfahrensvariante kann dann die Evakuierung der Form über die Unterdruckventile auf einen Unterdruck von minimal 300 mbar erfolgen. Nach dem Aufschäumen und Abbinden der Reaktivmi-

schung wird schließlich die Form in an sich bekannter Weise belüftet, geöffnet und das Formteil ggf. mit Unterstützung durch Pressluft ausgeworfen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, nicht nur das Absaugen der freigesetzten Gase während des Expansionsprozesses, sondern auch noch die Evakuierung der Form ebenfalls über die Nadelventile vorzunehmen. Damit entfällt die Notwendigkeit einer zusätzlichen Absaugöffnung wie auch der Evakuierung über die Formtrennebene. Da die Abdichtung der Expansionsöffnung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht wie bei dem bekannten Verfahren über die Aushärtung eines Schaumpropfens in dem Absaugkanal erfolgt, woraus ein maximal möglicher Durchmesser für die Kapillare resultiert, da andernfalls das Polyurethan zu weit in das Unterdrucksystem eindringen würde, bevor es aushärtet, sondern einfach durch Schließen des Ventils, können die geometrischen Abmessungen der Kapillare ohne weiteres an diese Zusatzfunktion angepasst werden.

Bevorzugt werden Kapillardurchmesser zwischen 0,2mm und 2mm. Wird der Kapillardurchmesser kleiner als 0,2mm gewählt, sinkt der Volumenstrom an Reaktionsgasen, der durch die Kapillare abgeführt werden kann stark ab, da der Druckverlust umgekehrt proportional zum Kapillardurchmesser ist. Dadurch erhöht sich entweder die Taktzeit oder es wird eine höhere Zahl an Ventilen benötigt.

Wird er dagegen größer als 2mm gewählt, wird aufgrund des geringen Druckverlustes die Erfassung der für die Schließung des Ventils bestimmenden Änderung der Durchströmung der Kapillare beim Eindringen des Schaums erschwert. Der Ausgleich über die Verlängerung der Kapillare (der Druckverlust nach Hagen-Poiseuille ist proportional l/d (= Länge zu Durchmesser der Kapillare)) hat erheblichen Einfluss auf die Baugröße, die im Sinne der Montagemöglichkeiten an bzw. in der Form klein zu halten ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird zur Steuerung des(r) Nadelventils(e) eine sich mit Eintritt der Schaumfront in die Ventilkapillare rasch ändernde chemische und/oder physikalischen Größe erfasst und das Nadelventil in Abhängigkeit von dem zeitlichen Verlauf dieser Größe gesteuert. Diese Art der Ansteuerung hat den Vorteil, dass das Ventil beim Eindringen der Schaumfront in die Kapillare sofort autark schließt.

Vorzugsweise wird als Steuergröße der zeitliche Druckverlauf in der Ventilkapillare erfasst, wobei die Steuerung so ausgelegt ist, dass das Ventil durch den beim Eindringen der Schaumfront in die Ventilkapillare auftretenden Druckabfall in der Kapillare sofort schließt. Nach dem Gesetz von Hagen-Poiseuille ist der Druckverlust in der Kapillare von der Viskosität des durchströmenden Mediums abhängig. Beim Eindringen der Schaumfront steigt der Druckverlust aufgrund des Unterschieds der Viskosität von Polyurethan gegenüber der von Luft etwa um einen Faktor $10^5 - 10^6$. Zur Druckerfassung ist daher erfindungsgemäß in der Kapillare ein Drucksensor vorgesehen, dessen Ausgangssignal einer Steuereinheit zugeführt und durch die Steuereinheit in ein Steuersignal für die Bewegung der Ventalnadel umgewandelt wird. Als Drucksensoren sind beispielsweise die an sich bekannten Piezo-Drucksensoren geeignet.

Eine weitere Größe zur Steuerung des Ventils im obigen Sinne kann beispielsweise auch die Durchflussmenge durch die Ventilkapillare sein, die aus den gleichen Gründen wie oben beschrieben beim Eindringen der Schaumfront in die Kapillare um einen vergleichbaren Faktor abfällt. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch nicht auf diese beispielhaft aufgeführten, besonders geeigneten Steuergrößen beschränkt.

In weiteren bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung werden die Nadelventile zusätzlich zum Belüften der Form und/oder zum Beaufschlagen der

Form mit Pressluft zur Entnahmeunterstützung genutzt. Auch hierdurch verringert sich die Zahl der Bauteile, was Kostenvorteile mit sich bringt.

Eine zusätzliche Vereinfachung einer Anlage zum Herstellen von Polyurethan-
 5 Formkörpern ergibt sich dadurch, dass mehrere Nadelventile jeweils aus einer gemeinsamen Medienversorgung mit Unterdruck bzw. Pressluft versorgt werden. Durch die für jedes Ventil autarke Regelung über ein Proportionalventil kann gleichwohl an jedem Nadelventil individuell ein Unterdruck eingestellt werden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

15

Figur 1: in schematischer Längsschnittdarstellung ein gemäß der Erfindung über einen Drucksensor ansteuerbares Nadelventil;

20

Figur 2: in schematischer Längsschnittdarstellung eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einem Nadelventil;

25

Figur 3: in einer schematischen Längsschnittdarstellung eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit mehreren Nadelventilen und einer gemeinsamen Unter- bzw. Überdruckversorgung;

Figur 4: schematisch den Verlauf des Drucks in der Ventilkapillare während des Aufschäumprozesses und beim Eindringen der Schaumfront in das Ventil.

In Figur 1 ist ein für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignetes Nadelventil 1 dargestellt. Das Nadelventil 1 umfasst im wesentlichen ein Gehäuse 2, eine Ventilnadel 3 und einen Ventilsitz 4 sowie eine Kapillare 5. Weiterhin erkennt man einen Drucksensor 6. Sobald die Schaumfront in die Ventilkapillare 5 eindringt, fällt der Druck in der Kapillare 5 steil ab. Dieser Druckabfall wird von dem Drucksensor 6 detektiert und über eine in der Figur nicht dargestellte Steuereinheit in ein Steuersignal für den Ventilantrieb 7 umgewandelt. Dieses Steuersignal bewirkt, dass die Ventilnadel 3 nach unten fährt und das Ventil 1 schließt. Das in die Kapillare 5 bereits eingedrungene Polyurethan wird dabei durch die Ventilnadel 3 ausgestossen.

Figur 2 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform für eine Vorrichtung gemäß der Erfindung. Man erkennt eine Form 10 mit einer oberen 10a und einer unteren Formhälfte 10b. Beide Formhälften sind durch die Formtrennebene 10c voneinander getrennt. Die Formebene 10c weist vorzugsweise eine Vakuumdichtung auf. Man erkennt weiterhin ein in der oberen Formhälfte 10a angeordnetes Nadelventil 1. Das Nadelventil 1 ist über ein Vierwege-Ventil 11 sowohl mit einer Unter- und einer Überdruckquelle (hier nicht dargestellt) als auch mit der Atmosphäre verbunden. Diese Anordnung erlaubt nicht nur das Absaugen während des Expansionsprozesses freigesetzter Gase über das Nadelventil 1 vorzunehmen, sondern auch noch das Evakuieren oder Belüften der Form 10 sowie die Beaufschlagung mit Überdruck. Das Ausgangssignal des Drucksensors 6 dient der Steuerung des Ventilantriebs des Nadelventils 1. Bei einem durch in das Ventil 1 eindringendes Polyurethan ausgelösten Druckabfall wird die Ventilnadel 3 nach unten ausgefahren und das Ventil 1 geschlossen, wobei das bereits eingedrungene Polyurethan wieder ausgestossen wird.

In Figur 3 ist die Anbindung mehrerer Ventile 1 an eine gemeinsame Medienversorgung dargestellt. Die Anordnung mehrerer Ventile kann bei flächig sehr ausgedehnten Formen sinnvoll sein, um den Druckverlust bei langen Fließwe-

gen durch individuelle Unterdruckeinstellung an den Ventilen 1 zu kompensieren. Eine weitere Einsatzmöglichkeit sind Formen mit komplexer geometrischer Gestalt, insbesondere mit mehreren Stellen maximaler Höhe, um hier die Lunkerbildung zu vermeiden. Weitere Einsatzmöglichkeiten sind denkbar. Man erkennt in der Figur mehrere Nadelventile 1 mit Drucksensoren 6, die in der oberen Formhälfte 10a der Form 10 angeordnet sind. Die Nadelventile 1 sind jeweils über ein Vierwege-Ventil 11 an gemeinsame Versorgungsleitungen zu einer Unterdruck- bzw. Überdruckquelle 14 angeschlossen. Die Unterdruckquelle besteht hierbei aus einem Vakuumkessel 12, der mittels einer Vakuumpumpe 13 evakuierbar ist. Darüber hinaus weist jedes Vierwege-Ventil 11 noch einen Ausgang zur Atmosphäre auf. Das Vierwege-Ventil 11 ist vorzugsweise ein Proportionalventil, um trotz gemeinsamer Medienversorgung eine individuelle Einstellung des Unterdrucks an jedem Ventil 1 zu ermöglichen.

Figur 4 zeigt den Druckverlauf mit dem steuerungsauslösenden Druckabfall, wenn die Schaumfront die Ventilkapillare erreicht. Der Druck sinkt, wie man erkennen kann, beim Eindringen der Schaumfront (Zeitpunkt A) schlagartig ab. Die schon vorher zu beobachtende leichte Druckabsenkung ist auf die Viskositäts-
 erhöhung des Reaktionsgemisches während der fortschreitenden Polymerisationsreaktion zurückzuführen. Der steile Druckabfall beim Eindringen der Schaumfront wird durch den Drucksensor erfasst und als Auslöser zum Schließen des Ventils verwendet.

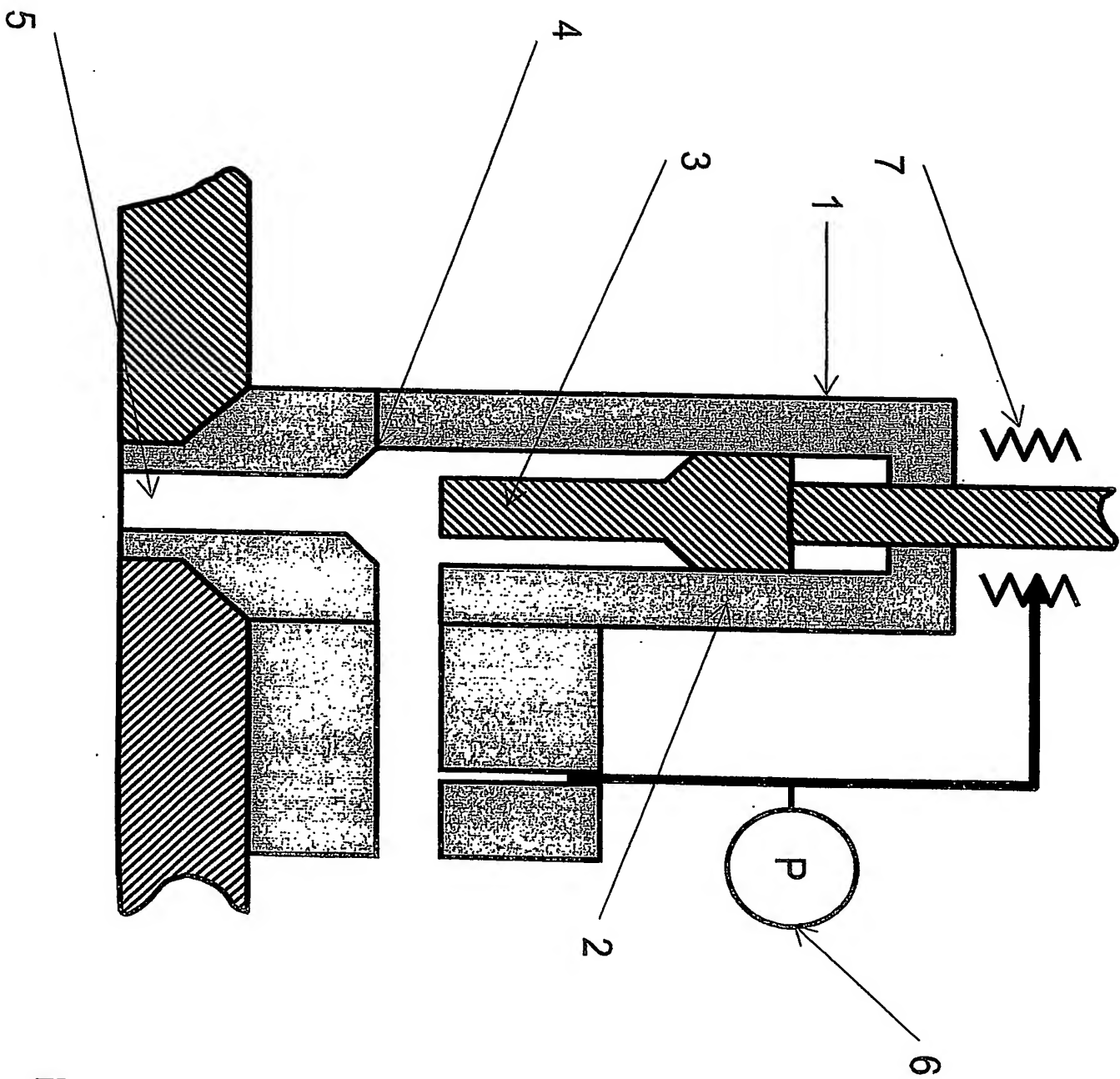


Fig. 1

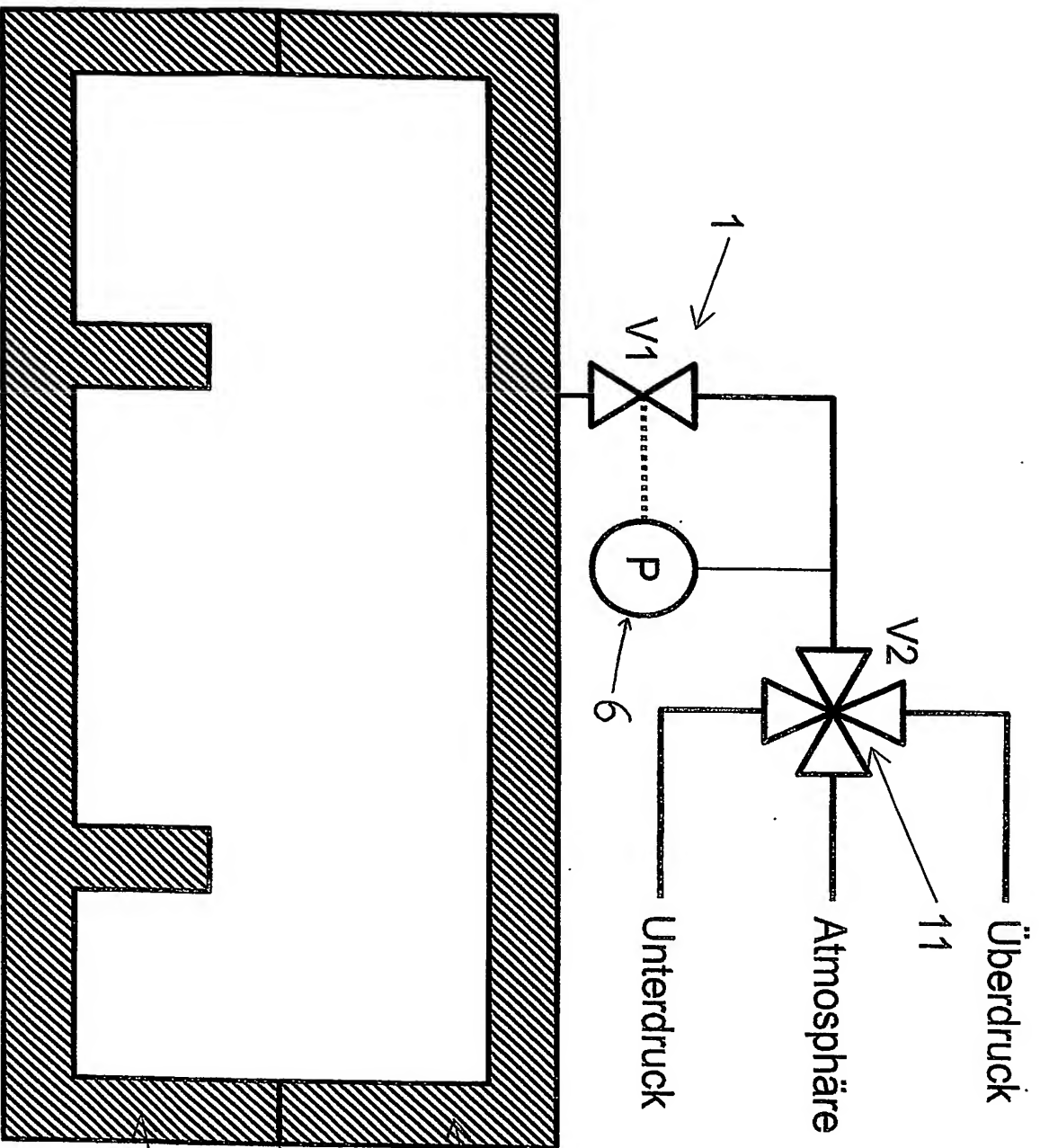


Fig. 2

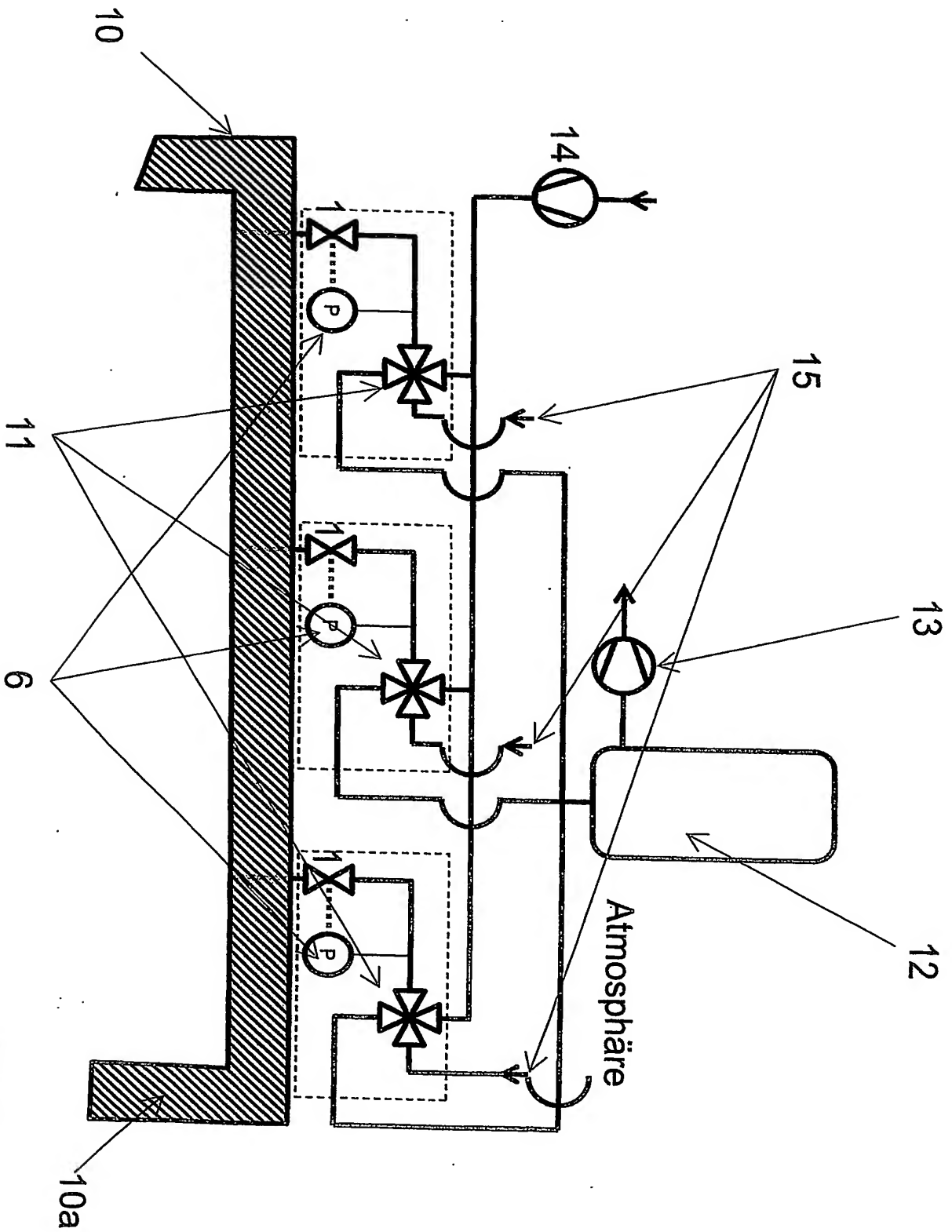


Fig. 3

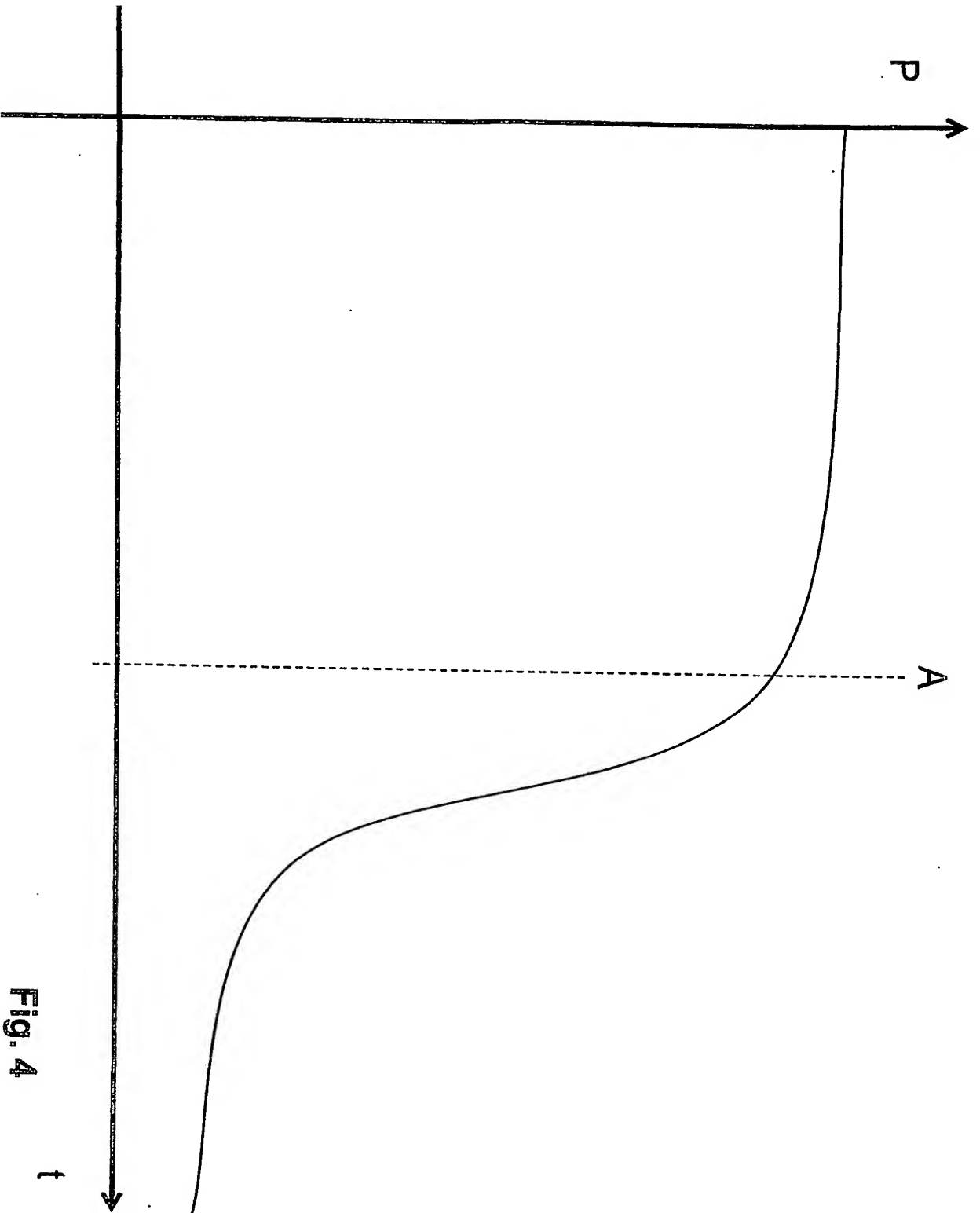


Fig. 4

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Herstellung geschäumter Polyurethan-Formkörper, bei welchem eine expandierbare Polyurethan-Reaktivmischung in eine Form eingefüllt und die Form evakuiert wird, die Reaktivmischung nach dem Einfüllen die Form ausfüllend expandiert, wobei während des Expansionsprozesses freigesetzte Gase durch an einer oder mehreren Stellen maximaler Höhe in der oberen Formhälfte angeordnete Expansionsöffnungen abgesaugt werden, nach dem Abbinden die Form belüftet und der Formkörper ausgeworfen wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionsöffnungen durch Nadelventile gebildet werden, welche so angesteuert werden, dass sie beim Eintreten der Schaumfront in die Ventilkapillare sofort schließen.
- 10
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Nadelventile zusätzlich zur Evakuierung der Form nach dem Einfüllen der Reaktivmischung genutzt werden.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Steuerung des(r) Nadelventils(e) eine sich mit Eintritt der Schaumfront in die Ventilkapillare rasch ändernde chemische und/oder physikalischen Größe erfasst wird und das Nadelventil in Abhängigkeit von dem zeitlichen Verlauf dieser Größe gesteuert wird.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 3, dass der zeitliche Druckverlauf in der Ventilkapillare erfasst und zur Steuerung verwendet wird, wobei die Steuerung so ausgelegt ist, dass das Ventil bei dem durch das Eindringen der Schaumfront in die Ventilkapillare ausgelösten Druckabfall in der Kapillare sofort
- 30 schließt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Nadelventile zusätzlich zum Belüften der Form genutzt werden.
- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Nadelventile zusätzlich zur Beaufschlagung der Form mit Pressluft zur Entnahmeunterstützung genutzt werden.
- 10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Nadelventile jeweils aus einer gemeinsamen Medienversorgung mit Unterdruck bzw. Pressluft versorgt werden.
- 15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei mehreren Nadelventilen der Unterdruck individuell eingestellt wird.
- 20 9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, umfassend eine Form mit einem oberen Formbereich, eine Ansaugöffnung zum Evakuieren und eine Einrichtung zum Belüften der Form sowie Expansionsöffnungen an einer oder mehreren Stellen maximaler Höhe im oberen Formbereich, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionsöffnungen durch Nadelventile (1) gebildet werden, die so ansteuerbar sind, dass sie beim ersten Eindringen der Schaumfront in die Ventilkapillare (5) sofort schließen.
- 25 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansaugöffnung ebenfalls durch die Nadelventile (1) gebildet wird.
- 30 11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sensor zum Erfassen einer sich mit dem Eintritt der Schaumfront in die Ventilkapillare (5) rasch ändernden physikalischen oder chemischen Größe

vorgesehen ist sowie eine Steuereinrichtung zur Steuerung des Nadelventils (1) in Abhängigkeit vom Ausgangssignal des Sensors.

- 5 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor ein in der Ventilkapillare (5) angeordneter Drucksensor (6) ist und die Steuerung so ausgelegt ist, dass die Schließfunktion des Ventils (1) durch den beim Eindringen der Schaumfront in die Ventilkapillare (5) auftretenden Druckabfall auslösbar ist.



- 10 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Form (10) über das Nadelventil (1) zusätzlich noch mit Pressluft beaufschlagbar ist.

- 15 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das(die) Nadelventil(e) (1) mit einem Vier-Wegeventil (11) in Reihe geschaltet ist(sind), über welches eine Verbindung zu einer Unter- (12, 13) bzw. Überdruckquelle (14) sowie zu Atmosphärendruck (15) herstellbar ist.

- 20 15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Vierwege-Ventil (11) ein Proportionalventil ist.



- 25 16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Nadelventile (1) jeweils aus einer gemeinsamen Medienversorgung mit Unterdruck bzw. Pressluft versorgbar sind.

25

30

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Herstellung geschäumter Polyurethan-Formkörper beschrieben, bei welchem eine expandierbare Polyurethan-Reaktivmischung in
5 eine Form eingefüllt und die Form evakuiert wird, die Reaktivmischung nach dem Einfüllen die Form ausfüllend expandiert, wobei während des Expansionsprozesses freigesetzte Gase durch an einer oder mehreren Stellen maximaler Höhe in der oberen Formhälfte angeordnete Expansionsöffnungen abgesaugt werden, nach dem Abbinden die Form belüftet und der Formkörper ausgewor-
10 fen wird. Eine wesentliche Verfahrensvereinfachung und schnellere Taktzeiten ergeben sich daraus, dass erfindungsgemäß die Expansionsöffnungen durch Nadelventile gebildet werden, welche so angesteuert werden, dass sie beim Eintreten der Schaumfront in die Ventikapillare sofort schließen. Weiterhin be-
15 trifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.